ARTICULATA 2007 22 (1): 17–31 BIOLOGIE

# Populationsentwicklung und Mobilität von *Poecilimon brunneri* Frivaldszky, 1867 im Gödöllőer Hügelland in Ungarn

Ágnes Vári und Gergely Szövényi

## Abstract

This research was conducted in spring/summer 2005 on the first known population of *Poecilimon brunneri* within the Carpathian Basin, which is in the hilly area around Gödöllő. The results of investigations on the development of the population during a season as well as on the mobility of nymphs and adults are presented. Along with the different linear parametres of mobility, activity spaces were estimated. We found a huge population of first instar larvae (391.000) which rapidly decreased in the course of the following two months to a population of about 19.000 individuals on a large contigous plot of grassland (12 hectares). Compared with other Hungarian *Poecilimon* populations this is still relatively large. Furthermore it was established, that *P. brunneri* has a rather poor colonisation ability, which is even truer for nymphs. Looking at the mobility as well as at the distributional area of the species we assumed that the investigated population is extremely isolated.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung wurde im Frühjahr/Sommer 2005 an der ersten innerhalb des Karpatenbeckens bekannten Population von *Poecilimon brunneri* im Gödöllőer Hügelland in Ungarn durchgeführt. Ergebnisse der Untersuchungen zur Entwicklung der Population im Laufe einer Saison, sowie zur Mobilität von Larven und Imagines werden dargestellt. Neben den verschiedenen linearen Mobilitätsparametern wurden auch Aktionsflächen berechnet. Es zeigte sich, dass auf einer relativ großen zusammenhängenden Fläche (auf 12 ha hochgerechnet) eine relativ große Population siedelte. Von anfänglich 391.000 Individuen des ersten Larvenstadiums nahm die Anzahl im Verlauf von zwei Monaten auf 19.000 Individuen ab, was im Vergleich zu anderen ungarischen *Poecilimon*-Populationen (eig. Beob.) immer noch als sehr groß einzuschätzen ist. Es wurde festgestellt, dass *P. brunneri* ein vergleichsweise geringes Ausbreitungspotenzial besitzt, was besonders für die Larven gilt. Die untersuchte Population ist angesichts ihrer Mobilität sowie des Verbreitungsgebietes der Art als stark isoliert einzustufen.

## Einleitung

Isolierte Populationen sind oft besonders vom Aussterben gefährdet, da größere Fluktuationen in der Population nicht durch Zuwanderung ausgeglichen werden können (BOER 1981). Die hier untersuchte Population von *P. brunneri* ist in außerordentlichem Maße isoliert: Die Art ist vor allem im Balkan außerhalb der

Karpaten verbreitet (HELLER 2005, KIS 1962), so dass das nächste bekannte Vorkommen 370 km weit entfernt, in Bela Crkva, am äußersten südwestlichen Rand des Karpatengürtels liegt (NAGY et al. 2005). Die hier untersuchte Population in der Nähe von Pécel bei Budapest stellt den nordöstlichsten Punkt seiner Verbreitung dar und wurde erst 2003 entdeckt (NAGY 2003). Es stellte sich die Frage nach der Herkunft dieser abgeschnittenen Population, wobei NAGY (2003) auf ein mögliches Einschleppen durch die Türken verwies.

Für die Einschätzung des Gefährdungsgrades einer Population ist die genaue Kenntnis ihrer Dynamik von außerordentlicher Bedeutung (SAMIETZ 1998). Dazu sind die Größe der Population und Mortalitätsfaktoren ein erster Beitrag, die zu langfristigen Beobachtungen, unter Miteinbeziehung von Reproduktionsparametern ausgebaut werden sollten. Bislang wurden nur erste, sehr grobe Schätzungen bezüglich der Populationsgröße und ihrer Gefährdung veröffentlicht (NAGY et al. 2005). Hier wurde nun eine genauere Schätzung der Populationsgröße durchgeführt sowie zusätzlich die Populationsentwicklung verfolgt.

Inwieweit eine Population gefährdet ist, hängt auch von ihrem Ausbreitungspotenzial ab (BOER 1981). Da die untersuchte Art micropter (kurzflügelig) ist, wurde sie zwar für wenig mobil gehalten (NAGY et al. 2005), konkrete Daten lagen jedoch nicht vor. Somit wurde neben der Populationsgröße auch die Mobilität der Individuen erfasst: zum einen von Larven, zum anderen von Imagines. Die Mobilität von Larven ist bei Orthopteren allgemein wenig untersucht, obwohl laut Mason (1995) diese frühen Bewegungen teilweise deutlich zum "life-time dispersal" beitragen können.

Die Habitatpräferenzen werden in einer zusätzlichen Veröffentlichung dargelegt (siehe VÁRI 2005).

## Material und Methoden

### Untersuchungsgebiet

Das "Gödöllőer Hügelland" umfasst eine Fläche von ca. 550 km$^2$. Es liegt östlich von Budapest und schließt sich direkt an die Pester Ebene an (Abb. 1). Das Hügelland erreicht Höhen von 130-344 m ü.NN. Der untersuchte Bereich am Rand des Gödöllőer Hügellandes liegt auf sandig-kiesigen Sedimenten des Tertiärs, die im Pleistozän mit Löß überzogen wurden (MAROSI & SOMOGYI (1990).




Abb. 1:
Die Lage des Gödöllőer Hügellandes innerhalb von Ungarn

Die Untersuchungsfläche befindet sich auf degradierten Sand- und Lößsteppen. Das Gebiet wurde teils mehr, teils weniger intensiv beweidet (laut NAGY (2003) bis in die 1960er Jahre), wird heute immer noch, jedoch seltener beweidet und

im Frühjahr (zur Weidepflege) abgebrannt. Abgesehen von Arten der Sand- und Lößsteppen breiten sich im Untersuchungsgebiet Ruderalarten und invasive Arten aus und eine zunehmende Verbuschung ist aufgrund der nachlassenden Bewirtschaftungsintensität zu erkennen.

Die untersuchte Fläche beträgt 12 ha und umfasst zwei südwest-exponierte sowie einen südost-exponierten Hang. Die Untersuchungsfläche wird nach NW hin von einer Ahorn-Pflanzung, nach SW von einer mit Akazien dicht bewachsenen Schlucht begrenzt. Nach Süden hin trifft sie auf die Ausläufer der Ortschaft Pécel. Nach NO bilden Ackerflächen die Grenze.

**Populationsentwicklung**

Zur Beobachtung der Entwicklung der Populationsgröße wurden an sechs Terminen im Abstand von 2-3 Wochen (29.04., 13.05., 28.05., 13.06., 01.07. und 24.07.2005) Individuenzählungen in 19, regelmäßig über die Untersuchungsfläche verteilten 5 x 5 m Quadraten (25 $m^2$) durchgeführt. Da die Untersuchungsfläche relativ groß ist, wurde sie nicht mit einem Quadratnetz vollständig abgedeckt, sondern lediglich an den Eckpunkten eines ca. 70 x 70 m Gitters die erwähnten Quadrate von 5 x 5 m abgesteckt. Die Zählungen wurden ca. 1-2 Wochen nach Schlupf begonnen und über die Erfassung der adulten Population hin bis zu deren Verschwinden verfolgt. Es wurde auf eine zufällige Bearbeitungsreihenfolge der einzelnen Quadrate geachtet, wobei die komplette Zählung aller Quadrate jeweils 2-3 Tage in Anspruch nahm. Jedes Quadrat wurde durch mehrmaliges Begehen möglichst vollständig leergesammelt (wobei die Larven zunächst mit einem Exhaustor gefangen, spätere Stadien jedoch per Hand und in einem Leinensack aufbewahrt wurden, beides mit großer Vorsicht um eine Verletzung der Tiere zu vermeiden) und anschließend innerhalb des Quadrates wieder freigelassen. Sobald das Geschlecht erkennbar war, wurde es mit notiert.

Aus zusätzlichen Messungen der Femurlänge der Sprungbeine der Larven mit einer Schublehre (mit einer Genauigkeit von 0,02 mm) wurden die zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten vorherrschenden Entwicklungsstadien bestimmt. Dies wurde durch Betrachten der Häufigkeitsverteilung der Femurlängen erreicht, bei der die einzelnen Larvalstadien sich deutlich gegeneinander abgrenzten. Dabei wurde bei fast allen Zählungen schwerpunktmäßig ein Entwicklungsstadium erfasst (Tab. 1).

Tab. 1: Prozentualer Anteil der einzelnen Larvenstadien in den jeweiligen Zählungen.

| | 1. Zählung 29. April | 2. Zählung 13. Mai | 3. Zählung 28. Mai | 4. Zählung 13. Juni | 5. Zählung 1. Juli | 6. Zählung 24. Juli |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L1 | 92 | | | | | |
| L2 | 8 | 40 | | | | |
| L3 | | 49 | 6 | | | |
| L4 | | 11 | 88 | | | |
| L5 | | | 6 | 100 | | |
| adult | | | | | 100 | 100 |

**Mobilität**

Die Untersuchung der Mobilität wurde sowohl an Larven, wie auch an Imagines durchgeführt. Larven wurden mit Lackmalstiften (Edding 780 paint marker) mit einem Punkt gruppenweise auf dem Pronotum markiert und in fünf Gruppen zu je acht Tieren in einem Abstand von durchschnittlich 20 m auf der Untersuchungsfläche freigelassen. Am darauffolgenden Tag wurden die Tiere um den mit einem Fähnchen markierten Freisetzungspunkt herum konzentrisch gesucht, stets auf einen Suchradius bedacht, der mindestens 2-3 m größer war als der Abstand des am weitesten vom Freisetzungspunkt entfernt gefundenen Tieres. Die so erfassten Wanderstrecken stellen (minimale) Tagesstrecken dar.

Mobilitätsuntersuchungen an Larven wurden an vier verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt (23.04., 13.05., 29.05. und 14.06.2005), wobei der letzte Zeitpunkt sowohl eine wie oben beschriebene Untersuchung am Tag beinhaltete, wie auch eine Untersuchung bei Nacht, bei der die Markierung der Larven mit der für die Imagines verwendeten, nachfolgend beschriebenen Methode mit Reflexfolie (Scotchlite 7610 high gain, 3M Germany GmbH) versucht wurde.

Es wurden 222 Imagines (je 111 Weibchen und 111 Männchen) am 25.06.2005 mit Reflexfolie, wie von HELLER & HELVERSEN (1990) beschrieben, markiert. Die Markierung erfolgte jedoch an beiden Femora der Sprungbeine und die Foliengröße wurde der Größe der Tiere angepasst und betrug somit ca. 2 x 7 mm. Außerdem erhielt jedes Tier eine individuelle Punktmarkierung bestehend aus einem vierstelligen Farbcode, die ebenfalls mit Lackmalstiften auf das Pronotum aufgetragen wurde. Nach der Markierung wurden die Tiere in sieben Gruppen von je 22-40 Tieren (5 x 32, 1 x 40 und 1 x 22 Tiere) entlang eines Transektes mit durchschnittlich 8 m Abstand freigelassen. Die markierten Tiere wurden über einen Zeitraum von 30 Tagen (26. Juli bis 25. August 2005) verfolgt, wobei die Suche nachts, in 1-5-tägigen Abständen erfolgte. Neben jedes gefundene Tier wurde ein mit rot-gelber Reflexfolie markierter Stab ("Fähnchen") in den Boden gesteckt, auf dem die Nummer des Tieres notiert war. Dies verhinderte ein Vermischen und Verwechseln der (vor allem, oder: auch?) nachts aktiven Tiere während der Messungen.

Die Distanzen wurden gleich anschließend vermessen. Das geschah über Messungen von Einzeldistanzen mit einem Laser-Messgerät (Leica, DISTO lite 5) in einem durch Festpunkte markiertem Koordinatensystem. Die Berechnung der zwischen den Zähltagen zurückgelegten (Mindest-)Distanzen wurde anhand der gemessenen Koordinaten nach einer Methode von Puskás durchgeführt, das beschriebene Messverfahren wurde von Szövényi und Puskás (unpubl.) entwickelt: Vor der Suche waren jeweils acht "Bojen" (1,5 l Plastikflaschen mit einem Streifen Reflexfolie ringsum versehen und auf einen ca. 1,5-2 m hohen Stock gestülpt) an bestimmten, möglichst gut einsehbaren Stellen abgesteckt worden, die feststehend mit einem kleinem Pfahl markiert waren und sich in einem Abstand von ca. 60-120 m voneinander befanden. Für die Positionsbestimmung des Fundpunktes wurden die Abstände zu zwei Festpunkten, also zu zwei Bojen benötigt. Dafür wurde das Laser-Distanzmessgerät an die Stelle des Fähnchens platziert und der Abstand zu zwei Bojen vermessen, die Bojennummern sowie die (vorher festgelegte) Richtungsangabe notiert, d.h. auf welche Seite der durch

die zwei Bojen festgelegten Achse der Fundpunkt fällt (Abb. 2). Daraus wurde mittels Satz des Pythagoras eine Koordinate im durch die Bojen bestimmten Koordinatensystem errechnen. Die Berechnungen wurden nach der Methode von PUSKÁS (2006) durchgeführt.

Die Schätzung der Populationsgröße erfolgte als Hochrechnung der durchschnittlichen Individuendichten der 19 25 $m^2$-Quadrate auf die Gesamtfläche von 12 ha. Aus der Standardabweichung der Individuendichten ergab sich die Standardabweichung der jeweiligen Populationsgröße.

Die verschiedenen Mobilitätsparameter (Tagesstrecke, mittlerer Aktivitätsradius, Aktionsdistanz, Aktionsfläche) wurden entsprechend der u.a. bei INGRISCH & KÖHLER (1998) dargestellten Definition verwendet. Für ihre Berechnung wurden nur Datensätze mit einer bestimmten Mindestzahl an Wiederfundpunkten mit einbezogen, wie von SAMIETZ & BERGER (1997) empfohlen: mindestens vier Punkte für die Berechnung der Mittleren Aktivitäsradien, mindestens sieben Punkte für die Berechnung der Aktionsdistanz, mindestens elf Punkte für die Aktionsfläche. Letztere wurde über die Harmonic-Mean-Transformation mit Hilfe des Programms TRACKER (Camponotus) berechnet, wobei die Flächen für Isolinien von 100% berechnet und die Gitterdistanzen schrittweise erhöht wurden, bis sich eine zusammenhängende Fläche ergab. Zusätzlich wurde das Minimum-Konvex-Polygon (für 100%) berechnet um eine bessere Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer Untersuchungen zu gewährleisten, die - falls sie Aktionsflächen berechnen - oft andere Programme verwenden, deren Berechnungen z.T. von anderen Grundannahmen ausgehen (z.B. SAMIETZ 1998) und andere Logarithmen verwenden, wodurch die Ergebnisse stark verzerrt sein können (GALLERANI LAWSON & RODGERS 1997). Die Tagesstrecken wurden nur aus Daten von direkt aufeinanderfolgenden Tagen berechnet, um den Fehler durch Unterschätzung möglichst niedrig zu halten.

Für die statistische Aufarbeitung der Daten mit der Software STATISTICA (StatSoft) wurden nach Shapiro-Wilk-Test auf Normalität Mann-Whitney U-Tests verwendet für Vergleiche zwischen zwei Gruppen und Kruskal-Wallis Tests für Vergleiche zwischen verschiedenen Gruppen mit post-hoc Multiple Comparison, wobei hier automatisch eine Korrektur für multiples Testen ausgeführt wird (SIEGEL & CASTELLAN 1988).

## Ergebnisse

### Populationsentwicklung

Vom Zeitpunkt des Larvenschlupfes an konnte eine beinahe exponentiell abnehmende Entwicklung der Populationsgröße im Laufe der Saison beobachtet werden (Abb. 2). Das erste Larvenstadium (L1) war mit hochgerechnet 391.000 Individuen auf 12 ha und besiedelte somit die Fläche mit einer durchschnittlichen Dichte von 3,3 Individuen/$m^2$. Die adulte Population wurde mit 0,16 Individuen/$m^2$ auf 19.000 Tiere geschätzt. Die letzte Zählung zeigte schon deutlich das Ende der Saison für diese Art an, es verblieben hochgerechnet nur ca. 4.000 Individuen bis zu diesem Zeitpunkt, etwa drei Monate nach dem Schlupf, auf der Untersuchungsfläche.

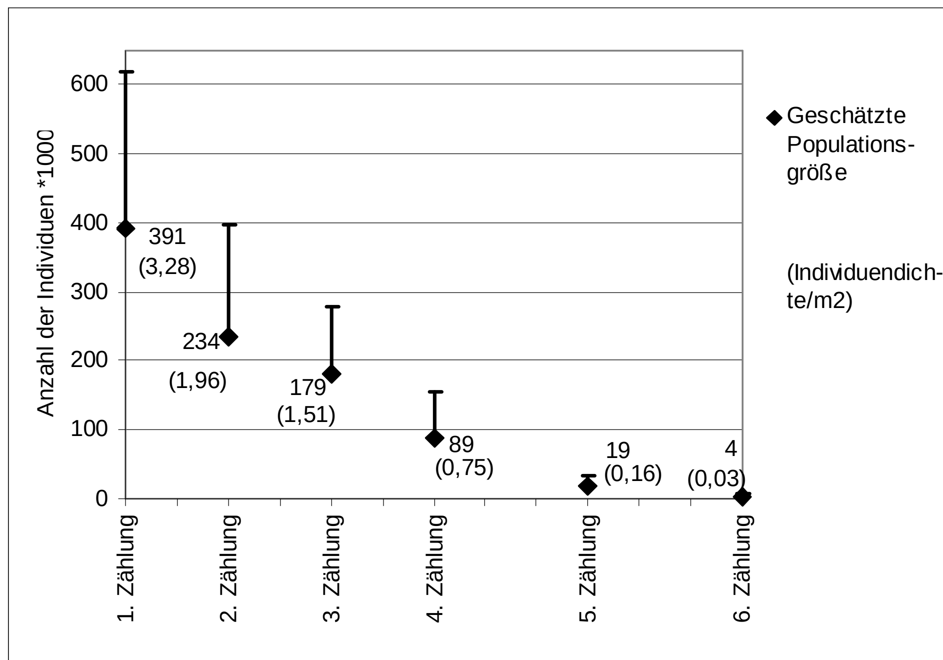



Abb. 2: Geschätzte Populationsgrößen mit Standardabweichungen der 1. Zählung (L1), der 2. Zählung (L2 + L3), der 3. Zählung (L4), der 4. Zählung (L5), der 5. und 6. Zählung (adult) und den dazugehörigen Individuendichten pro $m^2$ (in Klammern).

Aus den Zähldaten der 5. Larvenstadien (4. Zählung) und der Imagines (5. Zählung) konnte eine leichte Protandrie abgelesen werden: 0,7% adulte Weibchen gegenüber 10,7% adulte Männchen, das sich mit $X^2 = 14{,}785 > X^2_{(1,\ 0{,}015)} = 7{,}879$ als signifikant erwies. Bei dieser sowie bei späteren Zählungen war das Geschlechterverhätnis in etwa ausgeglichen (jeweils 53% bzw. 52% Weibchen gegenüber 47% bzw. 48% Männchen, keine signifikante Abweichung von einer gleichmäßigen Verteilung: $X^2 = 1{,}12 > X^2_{(1,\ 0{,}015)} = 7{,}879$ bzw. $X^2 = 0{,}12 > X^2_{(1,\ 0{,}015)} = 7{,}879$).

Bei hochgerechnet 390.000 geschlüpften Larven und 19.000 Individuen, die das Imaginalstadium erreichten, lag die Überlebensrate von *P. brunneri* im Jahr 2005 auf der Untersuchungsfläche bei 5%.

**Mobilität**

Vom ersten Larvalstadium bis zum letzten nahmen die (minimalen) durchschnittlichen Mediane der Tagesstrecken von 0,57 m auf 1,80 m zu (Kruskal-Wallis-Test: H (4, 123) = 31,5478; p < 0,0001) mit signifikanten Unterschieden zwischen L1 und L4, L1 und L5, L2/L3 und L4, L2/L3 und L5. Die minimalen Tagesstrecken bewegten sich für alle Larven zwischen 0,05 und 8,55 m (Abb. 3).

Der Vergleich der mit den zwei verschiedenen Methoden (Punktmarkierung und Tagsuche bzw. Reflexfolienmarkierung und Nachtsuche) erzielten Ergebnisse (für das 5. Larvenstadium) ließ keinen signifikanten Unterschied in den Tagesstrecken erkennen, weder für alle Larven gemeinsam (Mann-Whitney U-Test: z = 0,88; p = 0,378, n1 = 21, n2 = 25) noch nach Geschlechtern getrennt (für Männchen: Mann-Whitney U-Test: z = 1,84; p = 0,064, $n_1 = 12$, $n_2 = 10$; für Weibchen: Mann-Whitney U-Test: z = -0,24; p = 0,811, $n_1 = 9$, $n_2 = 15$.

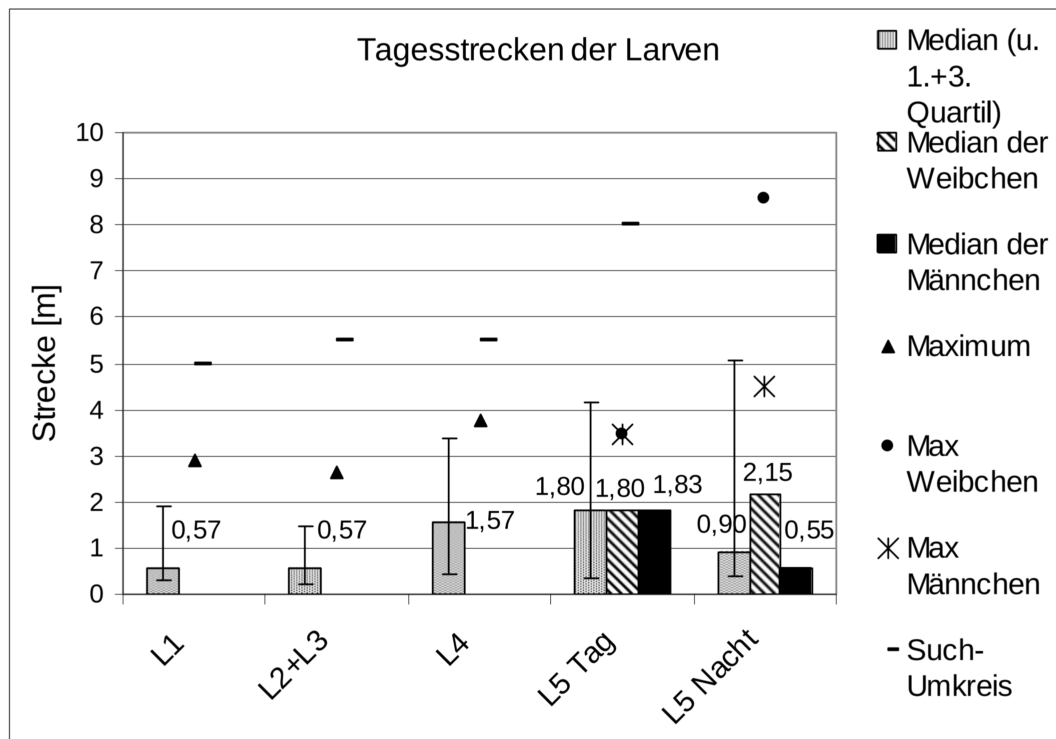



Abb. 3: Von Jungtieren verschiedener Larvensstadien zurückgelegte Tagesstrecken; Untersuchungen am 23.04. (n = 30), 13.05. (n = 30), 29.05. (n = 17), 14.06. tags (n = 21) und am 14.06. nachts (reflexfolienmarkiert, n = 25).

Die mit den zwei Methoden erzielten Wiederfundraten hingegen unterschieden sich deutlich (53% ohne Reflexfolie, 83% mit Reflexfolie). Für den direkten Vergleich zwischen Larven und Imagines werden hier in erster Linie die Daten aus der Larven-Untersuchung herangezogen, die ebenfalls mit Reflexfolie durchgeführt wurden.

Es ließ sich eine sprunghafte Zunahme der zurückgelegten Tagesstrecken von den letzten Larvenstadien zu den Imagines feststellen: Während bei den Nymphen des 5. Stadiums die durchschnittliche Tagesstrecke (am 14. Juni) bei 0,9 m lag, wurde für die jungen Imagines eine mittlere Tagesstrecke von 9,3 m und 9,5 m an den ersten zwei Untersuchungstagen (26. und 27. Juni) ermittelt (Kruskal-Wallis Test: $p < 0,0001$). Eine aktivitätsfördernde Rolle der Temperatur kann hier ausgeschlossen werden, da keine wesentliche Temperaturerhöhung zwischen den zwei Zeitpunkten lag (Temperaturmaxima bei 25,1 bzw. 26,1 °C, Temperaturminima bei 14,6 bzw. 18,2 °C).

Auch eine geschlechtsspezifische Differenz war anhand der Tagesstrecken erkennbar. Dabei waren adulte Männchen signifikant mobiler als adulte Weibchen. (U-Tests für 26.06.: $z = -3,25$; $p < 0,01$; n (♀/♂) = 83/92; 27.06.: $z = -2,109$; ; $p < 0,05$; n (♀/♂) = 68/69; 28.06.: $z = -2,44$; $p < 0,05$; n (♀/♂) = 63/57; am 29.06., 07.07., 08.07. und 14.07 nicht signifikant). Über die gesamte Beobachtungsdauer lag der Median aller Weibchen dabei bei 6,4 m, der der Männchen bei 10,2 m.

## Mittlerer Aktivitätsradius

Die mittleren Aktivitätsradien der adulten Tiere streuten zwischen 2,6 m und 89,1 m. Bei beiden Geschlechtern zeigten 20-25% der Tiere (bei den Weibchen 21,3%, bei den Männchen 22,6%) Aktivitätsradien von 5-10 m (Abb. 4). Der Modalwert der mittleren Aktivitätsradien war zwischen den zwei Geschlechtern nicht signifikant unterschiedlich (U-Test: z = -1,85; p = 0,132). Als Trend ist der bei den Tagesstrecken festgestellte Unterschied zwischen Männchen und Weibchen doch erkennbar, da das Verteilungsmuster (Häufigkeitsverteilung) der Aktivitätsradien der Männchen im Vergleich zu den Weibchen etwas nach rechts verschoben ist. Es finden sich oberhalb 40 m Aktivitätsradius mehr Männchen als Weibchen, und auch die Maxima waren bei den Männchen größer (Maximum Weibchen = 77,8 m, Maximum Männchen = 89,1 m).

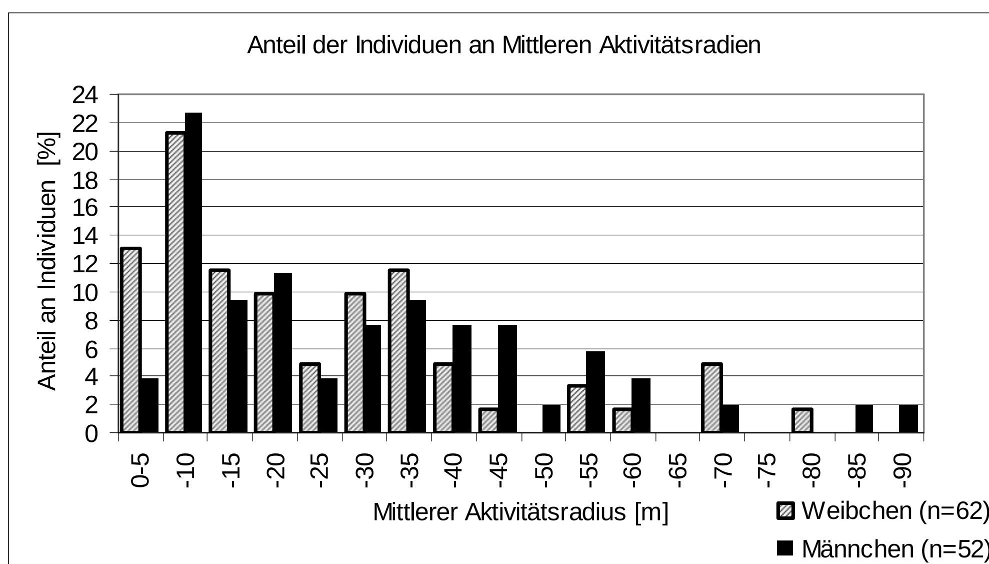



Abb. 4: Verteilung der Aktivitätsradien von Männchen und Weibchen

## Aktionsdistanz

Die Aktionsdistanzen lagen im Bereich zwischen 2,76 m und 142,5 m (Tab. 2). Wieder war ein statistisch nicht signifikanter (U-Test: z = -1,29; p = 0,197) Trend erkennbar, wonach die Beweglichkeit der Männchen etwas höher lag als die der Weibchen. Dies war z.B. zu sehen an den erreichten maximalen Distanzen (142,5 m gegenüber 104,7 m bei den Weibchen), an dem Median (38,0 m gegenüber 28,6 m), sowie an der Verteilung der beobachteten Häufigkeiten, bei der 25% der Weibchen zwischen 10 und 20 m lag, während 23% der Männchen Distanzen von 30-40 m aufwiesen.

## Aktionsflächen

Die über die Harmonic-Mean-Transformation berechneten Aktionsflächen lagen zwischen 25 $m^2$ und 3.988 $m^2$ (Abb. 5). Der Median der Weibchen (n = 14) war 861 $m^2$, während die Männchen (n = 11) eine etwas größere Fläche (Median: 1.196 $m^2$) in Anspruch nahmen (U-Test: z = 1,39; p = 0,189). Zum besseren Vergleich mit Ergebnissen anderer Programme sind hier auch die für 100% berechneten Werte der Minimum-Konvex-Polygone dargestellt.

Tab. 2: Berechnete Mobilitäsparameter von adulten Tieren von *P. brunneri*, getrennt nach Geschlechtern.

| | | Mittel | Median | Modal-wert | Minimum | Maximum | n | min. Fundpunkte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittlerer Aktivitätsradius | ♀ | 22,31 | 16,50 | 5-10 | 2,6 | 77,8 | 62 | |
| | ♂ | 28,21 | 25,93 | 5-10 | 4,4 | 89,1 | 52 | F = 4 |
| | beide | 25,01 | 19,27 | 5-10 | | | | |
| Maximaler Aktivitäsradius | ♀ | 40,21 | 26,76 | 0-20 | 5,5 | 112,1 | 28 | |
| | ♂ | 47,48 | 43,90 | 40-60 | 11,9 | 149,7 | 23 | F = 7 |
| | beide | 43,49 | 36,16 | 10-20 | | | | |
| Aktionsdistanz | ♀ | 39,35 | 28,60 | 10-20 | 2,8 | 104,7 | 28 | |
| | ♂ | 47,37 | 37,97 | 30-40 | 11,7 | 142,5 | 22 | F = 7 |
| | beide | 42,88 | 33,31 | 10-20 | | | | |
| Mittlere Tagesstrecke | ♀ | 7,97 | 6,05 | 0-5 | 0,4 | 31,2 | 87 | |
| | ♂ | 15,44 | 10,35 | 0-5 | 0,9 | 66,6 | 96 | |

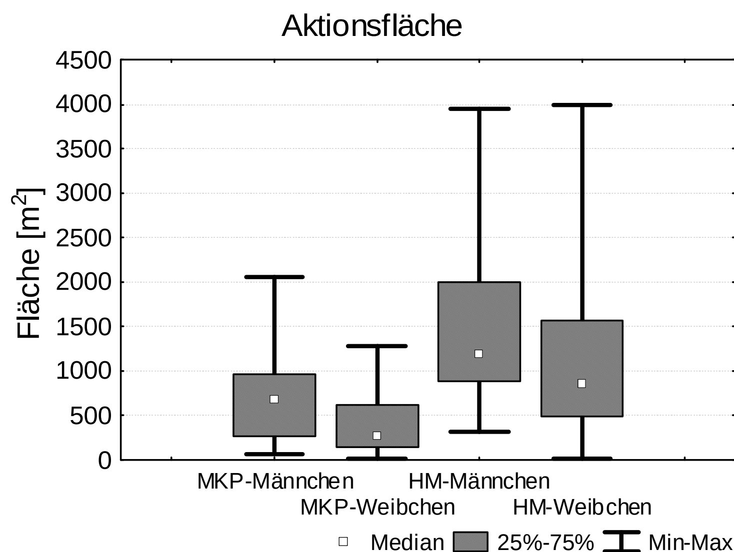



Abb. 5: Boxplot der Aktionsflächen von Männchen und Weibchen von *P. brunneri* berechnet anhand des Minimum-Konvex-Polygons (MKP) und der Harmonic-Mean-Transformation (HM).

## Diskussion

### Populationsentwicklung

Die hier verwendete Zählmethode (Isolationsquadrate) erbringt zwar bei weitem nicht so genaue Schätzergebnisse (siehe z.B. die relativ großen Standardabweichungen), wie andere Methoden, die auf Fang-Wiederfang der Tiere basieren (KLINGELHÖFER & KÖHLER 2000). Trotzdem wurde diese Methode gewählt, da das Keschern der Larven wegen der Verletzbarkeit der jungen Tiere nicht durchführbar ist. Zudem ist die hier getroffene Schätzung der Populationsgröße leicht unterschätzend, da der Anteil an Imagines zum Zeitpunkt der Zählung bereits bei

100% lag, anstatt bei den von Köhler empfohlenen 80-95% (KÖHLER 1999), wodurch idealerweise die Imaginalmortalität auszuschließen wäre.

Die Populationsgröße der ersten Larven beträgt in etwa das 20-fache der erwachsenen Population, zwei Wochen später ist es das zwölffache, nach vier Wochen noch das neunfache und nach insgesamt sechs Wochen das fünffache der adulten Populationsgröße. Die fast exponentiell abnehmende Größe der Larvalpopulation ist somit im Vergleich zur adulten äußerst abundant.

Die festgestellte juvenile Überlebensrate bis zum Adultstadium (5%) ist verglichen mit den für Caelifera publizierten Daten (Übersicht in KÖHLER 1999) sehr niedrig, mit der einzigen für Ensifera bekannten Überlebensrate für *Decticus verrucivorus* (aus Großbritannien: 0,01-0,04; CHERRILL & BROWN 1990) jedoch eher hoch zu nennen. Eine höhere Überlebensrate in günstigeren (kontinentaleren) Klimaten ist anzunehmen (CHERRILL & BROWN 1990, SCHUHMACHER 2002).

Die hier festgestellte Populationsgröße ist nach eigenen Erfahrungen (unpubl. Daten) im Vergleich mit anderen in Ungarn lebenden *Poecilimon*-Populationen (*Poecilimon fussi, P. intermedius*) sehr groß. Hier kommen diese ebenfalls offene Grasflächen bewohnenden Arten meistens in kleinflächigen, zerstreuten Flecken vor, falls doch auf etwas ausgedehnteren Flächen, dann stets in weit geringerer Dichte. Die erreichten Populationsgrößen hängen jedoch offensichtlich stark von der geographischen Lage ab, denn während eine solche Größe innerhalb des Karpathenbecken wohl einzigartig ist, wird *Poecilimon brunneri* außerhalb der Karpathen, östlicher und südlicher, als massenhaft vorkommend (KIS 1962, für Rumänien) oder auch als Forstschädling (BURESCH & PESCHEW 1958, zit. in HARZ 1975) angegeben. Andere *Poecilimon*-Arten erreichen im Süden ebenfalls weit höherer Dichten (20-30 Individuen/$m^2$, Lehmann schriftl. Mitt.).

KÖHLER (1999) nennt in seiner zusammenfassenden Darstellung für Ensifera einen Modalwert von 10-20 Ind./100 $m^2$. Im Vergleich dazu müssen wir feststellen, dass die (auf 100 $m^2$ berechneten) Individuendichten in der untersuchten Population in etwa im höheren Bereich des Mittelfeldes liegen. Da wir jedoch nicht die geographischen Vorkommen der einzelnen Populationen mit in Betracht ziehen können ist diese Aussage sehr relativ.

Imagines werden von HARZ (1975) von Juni bis Juli/August angegeben, von KIS (1962) für Rumänien von Ende Juni bis Ende August. Gegenüber den Untersuchungen von NAGY (2003) war die *P. brunneri*-Population im Jahr 2005 deutlich später adult: NAGY (2003) gibt für die Population im Gödöllőer Hügelland am 13. Juni ca. 80-90% adulte Tiere an (im Untersuchungsjahr 2005 waren am 14. Juni nur 5% adult), für den 25. Juni 100% (auch im Untersuchungsjahr). Die letzten Tiere starben 2003 in der ersten August-Dekade in Gefangenschaft. Der Kaltwettereinbruch Mitte Juli mit starken Regenfällen bewirkte wohl, dass die letzten Tiere etwa zur selben Zeit starben (Ende Juli bis Anfang August) wie im warmen Jahr 2003 und die "Verspätung" nicht durch längeres phänologisches Auftreten wettmachten.

## Mobilität

### Larven

Bei einer konzentrischen Suche besteht die Gefahr weiter gewanderte Individuen eher zu übersehen als weniger weit gewanderte (SAMIETZ 1998). Es wurde versucht, diesen Fehler durch die Anwendung des oben beschriebenen Such-Schemas (Einhaltung eines Mindest-Such-Radius in Abhängigkeit von der weitesten beobachteten Wanderung) zu minimieren. Eine hinreichend erfolgreiche Fehler-Minimierung kann aufgrund des nicht-signifikanten Unterschiedes im Methodenvergleich angenommen werden.

Die Markierung der ältesten Larvenstadien (L5) mit Reflexfolie erwies sich als erfolgreich. Da diese Methode ein wesentlich effizienteres Arbeiten erlaubt und zudem weniger fehleranfällig ist, ist sie zu empfehlen und könnte auch bei noch jüngeren Larvenstadien erprobt werden. Es ist anzunehmen, jedoch im weiteren auf einer breiteren Basis statistisch abzusichern, dass die Mobilitätsdaten aus Untersuchungen mit den zwei Markierungs- und Suchmethoden (Farbmarkierung und Tag-Suche gegenüber Reflexfolienmarkierung und Nacht-Suche) miteinander vergleichbar sind.

Die Mobilität von Larven wurde bisher nur bei sehr wenigen Heuschreckenarten untersucht. Die minimalen Tagesstrecken von *P. brunneri* lagen zwischen denen von *Podisma pedestris* (MASON et al. 1995: für 2. bis 5. Larvenstadium zwischen 5,8-7,8 m) und *Isophya costata* (Szövényi unveröff.: für 1. bis 4. Larvenstadium zwischen 0,42-0,71 m). KRAUSE (1996) stellte (für *Stethophyma grossum*) eine größere Mobilität bei älteren Entwicklungsstadien fest als bei jüngeren, was ebenfalls bei *P. brunneri* beobachtet werden konnte, ebenso wie DE JONG & KINDVALL (1991, zit. in KINDVALL & AHLEN 1992) positive Korrelationen zwischen der Körpergröße von Larven und den täglich zurückgelegten Distanzen nachweisen konnten.

Diese von der Körpergröße abhängige Bewegungsfähigkeit bei den Larven ist leicht einzusehen, wohingegen bei dem sprunghaften Anstieg der Mobilität nach der Imaginalhäutung auch andere Faktoren mit in Betracht gezogen werden müssen. So nennt INGRISCH (1979) z.B. die Eiablage bzw. die Suche nach geeigneten Eiablageplätzen (HELLER 1992 für *Poecilimon veluchianus*), KÖHLER (1990) die Nahrungsaufnahme und ebenfalls die Eiablage als Gründe für Ortswechsel. Vorstellbar ist auch hier ein Einfluss der Paarsuche auf die Mobilität, wie es bei einigen anderen *Poecilimon*-Arten bereits belegt wurde (HELLER 1992, HELLER & HELVERSEN 1990). Allgemein wird die Zeit nach der Imaginalhäutung als Ausbreitungsphase beschrieben (so auch von INGRISCH 1979).

### Imagines

Bei der Untersuchung der Mobilität der Imagines lagen die Wiederfundraten über den gesamten Untersuchungszeitraum durchschnittlich bei 91%, was die Aussagekraft der Ergebnisse bestärkt.

Die hier verwendete Methode zur Erfassung der Position der markierten Individuen ist wesentlich genauer (PUSKÁS 2006) als das Abschätzen der Position der Tiere in einem der üblicherweise verwendeten 5 x 5 m oder 10 x 10 m Quadratgitter (z.B. BUCHWEITZ 1993, KRAUSE 1996, OPITZ et al. 1998, SCHUCHMACHER

2002, ZÖLLER 1995). Die Ergebnisse sind daher mit einem weit geringerem Fehler behaftet und es können auch schon viel geringfügigere Bewegungen registriert werden. Bewegungen zwischen verschiedenen Abschnitten eines Habitats können damit genauer verfolgt werden.

Betrachtet man die erhaltenen Aktionsflächen (max. 0,3988 ha) und die Größe der Untersuchungsfläche (12 ha), so kann letztere als ausreichend groß betrachtet werden, um einen Einfluss durch Flächenbegrenzungen auf die gewonnenen Mobilitätsparameter als minimal anzunehmen. Weiterhin wurde mit der Einhaltung der erwähnten Mindestfundpunkte für die Berechnungen auf optimale Schätzwerte geachtet.

Bei Durchsicht der bisher veröffentlichten Literatur zur Mobilität von Heuschrecken, fällt auf, dass sich relativ wenige, ausführliche Arbeiten mit Ensifera beschäftigen (z.B. SAMIETZ & KÖHLER 1994, Szövényi 1999, WALTER 1994). Vergleichend soll hier auf die Arbeit von C. Wagner (unpubl.) mit *Metrioptera bicolor* verwiesen werden: bei *M. bicolor* fanden sich mittlere Aktionsradien die mit denen von *P. brunneri* bezüglich der mittleren Werte überlappten, *P. brunneri* aber keine so hohen Maxima erreichte wie *M. bicolor* (z.B. mittlerer Aktionsradius / Median ♂ 5,3-27,0 m / ♀ 14,9-38,9 m; Maximum ♂ 120,6 m / ♀ 93,0 m gegenüber *P. brunneri*: Median ♂ 25,9 m / ♀ 16,5 m; Maximum ♂ 89,1 m / ♀ 77,8 m). Dies ist u.a. wohl auf das völlige Fehlen der Flügel zurückzuführen, wohingegen bei *M. bicolor* makroptere Formen vorkommen, die eben da sie sehr selten sind zwar nicht die Mittelwerte beeinflussen, sich aber auf die maximal erreichbaren Strecken auswirken könnten. Doch es spielt mit Sicherheit, wie schon bei den Larven erwähnt, auch die Körpergröße und die Leistungsfähigkeit der Bewegungsorgane eine Rolle (FARTMANN 1997). Ein schönes Beispiel für die Auswirkung von der Köpergröße allein auf die Mobilität ist *Polysarcus denticauda*, der ENGEL (1951) zufolge zu Wanderungen von mehr als 2 km fähig ist (die Art ist flügellos und kann demnach eine solche Strecke nur zu Fuß zurücklegen).

Die erhöhte Mobilität der adulten Männchen gegenüber den Weibchen lässt sich vermutlich mit der Paarfindung in Verbindung bringen. Betrachtet man die verschiedenen Suchstrategien (zusammengefasst in INGRISCH & KÖHLER 1998, genauer für Laubheuschrecken in ROBINSON et al. 1990) ergibt sich ein schlüssiges Bild. Die bei Phaneropteridae übliche Paarfindung läuft ab, indem die Männchen singen bis ihnen ein Weibchen antwortet, das sie dann phonotaktisch finden (INGRISCH & KÖHLER 1998). Allerdings gibt es in der Gattung *Poecilimon* auch einen anderen Typus, bei dem das Weibchen das singende Männchen sucht (HELLER 1992), wobei hier dann natürlich die Weibchen, und nicht - wie im Fall von *P. brunneri* - die Männchen mobiler sind.

Somit kann aus dieser Mobilitätsuntersuchung an *P. brunneri* geschlossen werden, dass ihre Ausbreitungsfähigkeit gering ist, wodurch Besiedlungsereignisse in der weiteren Umgebung unwahrscheinlich sind. Ebenso kann eine selbständige Ausbreitung der Art von jenseits der Karpaten bis in die Mitte des Karpatenbeckens ausgeschlossen werden. Hier muss entweder an das Einschleppen der Art (NAGY 2003) oder an ein reliktartiges Vorkommen gedacht werden.

## Danksagung

Wir möchten Christian Wagner für hilfreiche Anregungen und Einsicht in seine in Vorbereitung befindliche Arbeit danken, sowie László Dányi für stete Mithilfe bei der Freilandarbeit. Weiterhin möchten wir Gellért Puskás und Ági Kis für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Arbeit, István Németh für Hilfe bei der Statistik, Judit Vári für Beschaffung von Literatur und Nora Eichinger sowie Arne Lehmann für das Durchlesen des Manuskriptes danken.

Verfasser:
Ágnes Vári
Ungarische Akademie der Wissenschaften
Limnologisches Forschungsinstitut am Plattensee
8237 Tihany, PF 35
Ungarn
E-Mail: agnesvari@yahoo.com

Gergely Szövényi
Eötvös Loránd Universität
Lehrstuhl für Tiersystematik und Ökologie
Pázmány P. stny. 1/c
1117 Budapest
Ungarn
E-Mail: gegesz@ludens.elte.hu

## Literatur

BOER, P.J. DEN (1981): On the survival of populations in a heterogenaeous and variable environment. – Oecologia 50: 39-53.

BUCHWEITZ, M. (1993): Zur Ökologie der Rotflügeligen Schnarrschrecken *Psophus stridulus* (L. 1758) unter besondere Berücksichtigung der Mobilität. – Articulata 8: 39-62.

CHERRILL, A.J. & BROWN, V.K. (1990): The life cycle and distribution of the Wartbiter *Decticus verrrucivorus* (L.) Orthoptera: Tettigoniidae) within a chalk grassland in southern England. – Biological Conservation 53: 125-143.

ENGEL, H. (1951): *Orphania* (*Polysarcus*) *denticauda* (Charp.) als Schadinsekt in der Baar. – Zeitschrift für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 2: 22-41.

FARTMANN, T. (1997): Biozönologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna auf Magerrasen im Naturpark Märkische Schweiz (Ostbrandenburg). – In: MATTES, H. (Hrsg.): Ökologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna in Brandenburg und Westfalen. Arbeiten aus dem Institut für Landschaftökologie Bd. 3., Münster: 1-62.

GALLERANI LAWSON, E.J. & RODGERS, A.R. (1997): Differences in home-range size computed in commonly used software programs. – Wildlife Society Bulletin 25 (3): 721-729.

HARZ, K. (1975): Die Orthopteren Europas, Vol.II. – Dr. W. Junk, The Hague, 939 S.

HELLER, K.-G. (1992): Risk shift between males and females in the pair-forming behavior of bushcrickets. – Naturwissenschaften 79: 89-91.

HELLER, K.-G. (2005): Fauna Europaea: Orthoptera. Fauna Europaea version 1.1. – http://www.faunaeur.org

HELLER, K.-G. & HELVERSEN, O. VON (1990): Survival of a phaneropteroid bush-cricket studied by a new marking technique (Orthoptera: Phaneropteridae). – Entomologia Generalis 15: 203–208.

INGRISCH, S. (1979): Experimentell-ökologische Freilanduntersuchungen zur Monotopbindung der Laubheuschrecken (Orthoptera, Tettigoniidae) im Vogelsberg. – Beitr. Naturkunde Osthessen 15: 33-95.

INGRISCH, S. & KÖHLER, G. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 460 S.

KINDVALL, O. & AHLEN, I. (1992): Geometrical factors and metapopulation dynamics of the Bush Cricket *Metrioptera bicolor* (Orthoptera: Tettigoniidae). – Conservation Biology 6: 520-529.

KIS, B. (1962): Adatok a Romániában előforduló *Poecilimon* Fisch. fajok ismeretéhez [Daten zur Kenntnis der in Rumänien vorkommenden *Poecilimon* Fisch. Arten]. – Folia Entomologica Hungarica 15: 117-139.

KLINGELHÖFER, J. & KÖHLER, G. (2000): Wie schätzt man die Populationsgröße bei Feldheuschrecken (Caelifera: Acrididae)? – Ein Beitrag zur Populationsgefährdungsanalyse. – Beiträge zur Ökologie 4 (2): 91-117.

KÖHLER, G. (1990): Biogeographisch-ökologische Hintergründe der Faunenveränderung bei Heuschrecken (Saltatoria). – Articulata 5 (1): 3-22.

KÖHLER, G. (1999): Ökologische Grundlagen von Aussterbeprozessen: Fallstudien an Heuschrecken (Caelifera et Ensifera). – Laurenti, Bonn, 253 S.

KRAUSE, S. (1996): Populationsstruktur, Habitatbindung und Mobilität der Larven von *Stethophyma grossum* (Linné, 1758). – Articulata 11 (2): 77-89.

MAROSI, S. & SOMOGYI, S.(Hrsg.) (1990): Gödöllői dombság (Das Gödöllöer Hügelland). – In: Magyarország kistájainak katasztere II (Kataster der Mikroregionen Ungarns II). – MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, 802-806.

MASON, P.L., NICHOLS, R.A. & HEWITT, G.M. (1995): Philopatry in the alpine grasshopper, *Podisma pedestris*: a novel experimental and analytical method. – Ecological entomology 20: 137-145.

NAGY, B. (2003): A Brunner-pókszöcske (*Poecilimon brunneri* Frivaldszky, 1867; Orthoptera: Tettigoniidea) diszjunkt előfordulása a Kárpát-medence közepén [Disjunktes Vorkommen von *Poecilimon brunneri* Frivaldszky, 1867 in der Mitte des Karpathenbeckens]. – Állattani Közlemények 88: 31-39.

NAGY, B., ORCI, K.M. & SZÖVÉNYI, G. (2005): On the ecology and song of *Poecilimon brunneri* (Orthoptera: Tettigoniidae) population detected in the central part of the Carpathian basin. – Entomofauna carpathica 17: 23-26.

OPITZ, S., KÖHLER, G. & MABELIS, A.(1998): Local Movement of the Grasshopper *Chorthippus parallelus* (Zett.). – Entomologia Experimentalis et Applicata 9: 53-58.

PUSKÁS, G.B. (2006): Orthoptera együttesek szukcesszionális változásai és néhány fajuk diszperziós tulajdonságai felhagyott homoki szántókon [Sukzessionale Veränderungen von Orthopteren-Gesellschaften auf Sand-Ackerbrachen und die Dispersionseigenschaften einiger ihrer Arten]. – Unveröff. Diplomarbeit, Eötvös Loránd Universität Budapest, 83 S.

ROBINSON, D., RHEINLAENDER, J. & HARTLEY, J.C. (1990): Acoustic communication between the sexes in bushcrickets. – In: BAILEY, W.J. & RENTZ, D.C.G. (Hrsg.): The Tettigoniidae: Biology, Systematics and Evolution. – Springer, Berlin et al., 112-129.

SAMIETZ, J. (1998): Populationsgefährdungsanalyse an einer Heuschreckenart – Methoden, empirische Grundlagen und Modellbildung bei *Stenobothrus lineatus* (PANZER). – Cuvillier, Göttingen, 47 S.

SAMIETZ, J. & BERGER, U. (1997): Evaluation of movement parameters in insects – bias and robustness with regard to resight numbers. – Oecologia 110: 40-49.

SAMIETZ, J. & KÖHLER, G. (1994): Mobilitätsuntersuchungen an zwei Heuschreckenarten (Saltatoria) in Halbtrockenrasen Thüringens. – Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. 9: 431-434.

SCHUHMACHER, O. (2002): Zur Mobilität, Populationsstruktur und Habitatbindung des Warzenbeißers (*Decticus verrucivorus* L.) auf ruderalisierten Sandtrockenrasen der Unteren Mittelelbe-Niederung. – Unveröff. Diplomarbeit, Westfälische Wilhelm-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie, 78 S.

SIEGEL, S. & CASTELLAN, N.J. (1988): Nonparametric statistics for the behavioral sciences. – 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 312 S.

SZÖVÉNYI, G. (1999): A magyar tarsza (*Isophya costata*, Brunner von Wattenwyl, 1878, Orthoptera, Tettigoniidae) ritkaságának okai, különös tekintettel mobilitási képességére [Die Gründe für die Seltenheit der Breitstirningen Plumpschrecke (*Isophya costata*, Brunner von Wattenwyl, 1878, Orthoptera, Tettigoniidae) mit besonderer Beachtung ihrer Mobilitätsfähigkeiten]. – Unveröff. Diplomarbeit, Eötvös Loránd Universität der Wissenschaften Budapest, Lehrstuhl für Tierökologie und Systematik, 78 S.

VÁRI, Á. (2005): Zur Populationsstruktur, Mobilität und Habitatwahl von *Poecilimon brunneri* Frivaldszky, 1867 im Gödöllőer Hügelland in Ungarn. – Unveröff. Diplomarbeit, Technische Universität München, 83 S.

WALTER, R. (1994): Zur Mobilität und zum Habitat von *Platycleis albopunctata*. – Articulata 9: 1-23.

ZÖLLER, S. (1995): Untersuchungen zur Ökologie von *Oedipoda germanica* (Latreille 1804) unter besonderer Berücksichtigung der Populationsstruktur, der Habitatbindung und der Mobilität. – Articulata 19: 21-59.